

(19)

JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05273987 A**

(43) Date of publication of application: **22.10.93**

(51) Int. Cl

G10K 11/16

B60R 11/02

F01N 1/06

G06F 15/31

(21) Application number: **04066415**

(22) Date of filing: **24.03.92**

(71) Applicant: **AISIN SEIKI CO LTD SHIN
SANGYO KAIHATSU KK**

(72) Inventor: **HORIBA EIJI**

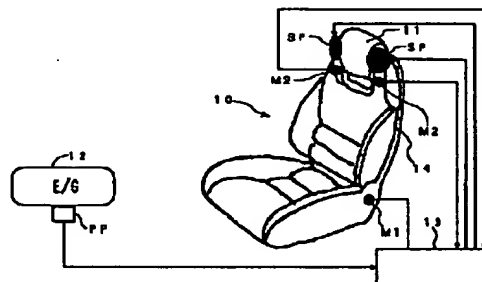
(54) NOISE REDUCING DEVICE FOR INSIDE CAR

(57) Abstract:

PURPOSE: To exactly and speedily perform muffling operations even when columnar resonance is generated inside a car by specifying positions for arranging a microphone for noise detection and a microphone for muffle confirmation.

CONSTITUTION: A speaker SP and a muffle confirming microphone M2 are extended from a head rest 11 of a seat 10 or a back rest part 14 of seat 10 and arranged closely to ears. An engine revolving speed sensor PP is installed to detect the revolving speed of an engine 12 and further, a noise detecting microphone M1 is installed at the lower of the back rest part 14 of the seat 10. In this case, sound pressure is made equal at the positions where the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation are arranged. Namely, the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation are arranged at the positions at an equal distance vertically from a line, where the sound pressure is made symmetric at the time of generating columnar resonance inside the car, with that line between. Therefore, the sound pressure of noise detected by the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation is made almost equal even when the columnar resonance is generated inside the car.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-273987

(43)公開日 平成5年(1993)10月22日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 0 K 11/16	H	7406-5H		
B 6 0 R 11/02	B	8510-3D		
F 0 1 N 1/06	F			
G 0 6 F 15/31	A	8320-5L		

審査請求 未請求 請求項の数4(全 9 頁)

(21)出願番号 特願平4-66415

(22)出願日 平成4年(1992)3月24日

(71)出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(71)出願人 000146700

株式会社新産業開発

東京都渋谷区幡ヶ谷1丁目33番3号

(72)発明者 堀 場 英 二

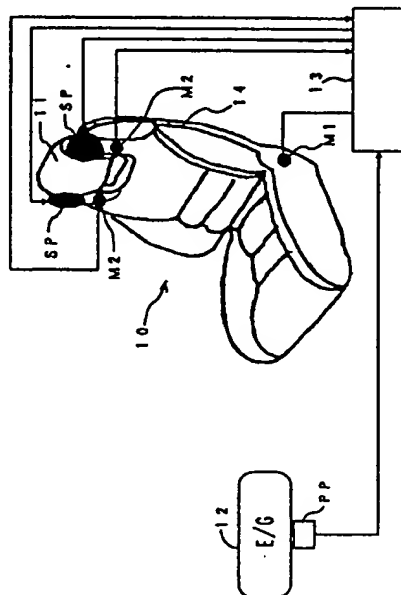
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

(54)【発明の名称】 車室内の騒音低減装置

(57)【要約】

【目的】 車室内に気柱共鳴が発生した場合においても消音動作を正確且つ敏速に行えるようにする。

【構成】 騒音検出用マイクM1および消音確認用マイクM2を、車室内で気柱共鳴を起こすときの音圧が対称となる線に対し、その線を中心にして垂直方向に等距離位置になるよう配置した騒音低減装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の騒音源の発生する音を検出する騒音検出用マイク、

騒音検出用マイクの検出音の逆位相音を発生する逆位相音発生手段、

逆位相音発生手段により作成された逆位相音を鳴らすスピーカ、

スピーカの近傍に設けられた消音確認用マイク、

消音確認用マイクの検出音に応じて逆位相音発生手段の制御を補正する補正手段、を備える騒音低減装置において、

前記騒音検出用マイクおよび消音確認用マイクは、車室内で気柱共鳴を起こすときの音圧が対称となる線に対し、その線を中心にして垂直方向に等距離位置になるよう配置したことを特徴とする車室内の騒音低減装置。

【請求項2】 1ボックスカーの騒音源の発生する音を検出する騒音検出用マイク、

騒音検出用マイクの検出音の逆位相音を発生する逆位相音発生手段、

逆位相音発生手段により作成された逆位相音を鳴らすスピーカ、

スピーカの近傍に設けられた消音確認用マイク、

消音確認用マイクの検出音に応じて逆位相音発生手段の制御を補正する補正手段、を備える騒音低減装置において、

前記消音検出マイク及び騒音確認マイクは車室内の中心線に対し、垂直方向の等距離位置に設置したことを特徴とする1ボックスカーの騒音低減装置。

【請求項3】 車両の騒音源の発生する音を検出する騒音検出用マイク、

騒音検出用マイクの検出音の逆位相音を発生する逆位相音発生手段、

逆位相音発生手段により作成された逆位相音を鳴らすスピーカ、

スピーカの近傍に設けられた消音確認用マイク、

消音確認用マイクの検出音に応じて逆位相音発生手段の制御を補正する補正手段、を備える騒音低減装置において、

車室内を直方体に近似し、該直方体の中心線に対し、垂直方向等距離位置に騒音検出用マイクと消音確認用マイクを設置したことを特徴とする車両の騒音低減装置。

【請求項4】 車両の騒音源の発生する音を検出する騒音検出用マイク、

騒音検出用マイクの検出音の逆位相音を発生する逆位相音発生手段、

逆位相音発生手段により作成された逆位相音を鳴らすスピーカ、

スピーカの近傍に設けられた消音確認用マイク、

消音確認用マイクの検出音に応じて逆位相音発生手段の

制御を補正する補正手段、を備える騒音低減装置において、

前記消音確認用マイクおよびスピーカは、シートのヘッドレスト近傍に設置され、前記騒音検出用マイクはシートの背もたれ部の下部に設置されたことを特徴とする車室内の騒音低減装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、騒音に対して逆位相音を付加して騒音を低減するための騒音低減装置であり、乗用車、1ボックスカー等の車室の騒音の低減に適用できる。

【0002】

【従来の技術】 騒音に対して逆位相音を付加して騒音を低減する方法として、一般には、適応制御方式がある。図10は適応制御方式を示す。騒音検出用のマイク25は騒音を検出し、トランスバーサルフィルタ26は検出信号を畳み込み演算し、スピーカ27から音を発生させる。一方、消音確認マイク28から検出された信号は適応アルゴリズム29に基づき最適と思われるトランスバーサルフィルタ26のフィルタ係数を推定し、更新する。騒音低減は、消音確認マイクが検出する残騒音の平均2乗誤差を最小にする様働く。

【0003】 上記の方式の装置は、例えば、特開平2-158296号公報や、特開平3-50998号公報に開示されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ここで、車室内に気柱共鳴が発生すると、室内の各所で音圧が変化する。例えば、消音確認用マイクをシートのヘッドレストに、騒音検出用マイクを足元に置いた場合、ヘッドレスト付近と足元では音圧が著しく違うため、消音動作が正確且つ敏速に行えない場合がある。

【0005】 そこで、本発明においては、車室内の騒音低減装置において、車室内に気柱共鳴が発生した場合においても消音動作を正確且つ敏速に行えるようにすることを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するために本発明において用いた第1の手段は、騒音検出用マイクおよび消音確認用マイクを、車室内で気柱共鳴を起こすときの音圧が対称となる線に対し、その線を中心にして垂直方向に等距離位置になるよう配置したことである。

【0007】 また、上記課題を解決するために本発明において用いた第2の手段は、車室内を直方体に近似し、該直方体の中心線に対し、垂直方向等距離位置に騒音検出用マイクと消音確認用マイクを設置したことである。

【0008】 更に、上記課題を解決するために本発明において用いた第3の手段は、消音確認用マイクおよびス

ピーカをシートのヘッドレスト近傍に設置し、騒音検出用マイクはシートの背もたれ部の下部に設置したことである。

【0009】

【作用】上記第1の手段によれば、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0010】上記第2の手段においては、車室内を直方体に近似した場合、直方体の中心線に対し、垂直方向等距離位置にある点は、気柱共鳴が発生した場合、音圧レベルが略等しくなる。したがって、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0011】上記第3の手段においては、車室内で気柱共鳴が発生してもヘッドレスト近傍とシートの背もたれ部の下部は音圧レベルが略等しくなる。したがって、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0012】

【実施例】以下、本発明を車両に搭載した場合の実施例を図面を参照しながら説明する。

【0013】図1は本発明の構成図である。スピーカSPおよび消音確認マイクM2は座席10のヘッドレスト11または座席10の背もたれ部14から延びて、耳元に配置される。エンジン12の回転数を検出するためにエンジン回転数センサPPが置かれている。騒音検出マイクM1は座席10の背もたれ部の下部に設置されている。コントローラ13はスピーカSP、消音確認マイクM2、エンジン回転数センサPPおよび騒音検出マイクM1に接続されている。

【0014】スピーカSPおよび消音確認マイクM2が人の耳元に配置されるため、スピーカSPは大きな音をだす必要がない。このため、スピーカSPからでた音が座席10から離れた部分や車外に影響し、他の部分で音が強調されることもない。したがって確実に座席に座っている人の耳に入る騒音のみを低減するとともに、他に影響を与えない。

【0015】車両の騒音源の内、一番大きなものはエンジンであるので、車両に搭載する場合はエンジンからの音を消音することが望まれる。図4は4気筒エンジンの車室内の騒音分布を示したものである。図におけるエンジン回転数は4016rpm(66.9Hz)であり、2次高調波成分の134Hz程度の部分cで大きな山ができています。aはエンジン音の1次成分である。他の部分はロードノイズ等のエンジン回転以外によるものである。cの山はエンジンの回転数の変化に追従し、周波数が上下するが、この2次成分の音が特に乗客にとって騒

音と感じられる。また、人間の耳に聞こえる可聴音は約50Hz以上となるので、0~40Hz程度の部分にできてくるピーク部分は無視してよい。したがって、4気筒エンジンにおいては、図示cに示される2次成分のみを抽出し消音してやればよい。

【0016】図2にコントローラ13の詳細を示す。騒音検出マイクM1は車室内の音を検出する。検出された音は第1周波数選択器SCF1を通過した後、位相調整器BBD1および増幅器A1を通してスピーカSPに送られる。エンジン回転数センサPPはパルスピックアップであり、エンジン出力軸もしくはエンジン出力軸に間接的に接続された軸の近傍に設置され、エンジン12の回転数を検出する。

【0017】第1周波数選択器SCF1はエンジン回転数センサPPの出力eを受ける。第1周波数選択器SCF1の内部構造を図3に示す。第1周波数選択器SCF1はスイッチドキャパシタフィルタSCF、位相差検出器20、チャージポンプ21、ループフィルタ22、電圧コントロールオシレータVCOおよび分周器23よりなる。位相差検出器20は分周器からのパルスとエンジンからのパルスの位相差を求める。チャージポンプ21は分周器23からのパルスとエンジンからのパルスの位相差を零にするよう働き、位相調整した量の電圧パルスを出力する。ループフィルタ22は積分器の構成をとり、チャージポンプ21からの電圧パルスをアナログ電圧の形にして電圧コントロールオシレータVCOに送出する。電圧コントロールオシレータVCOは入力電圧に応じた周波数パルスを発振し、クロックパルスCLとしてスイッチドキャパシタフィルタSCFおよび分周器23へ送る。分周器23は入力パルスを1/Nに分周し周波数を1/Nに落とす。このNは整数であり、予め設定しておく。本実施例ではN=100としている。

【0018】今、エンジン回転パルスの周波数のN倍がスイッチドキャパシタフィルタSCFへのクロック周波数に一致しているとする。ここで、エンジン回転数が上昇すると、分周器23からのパルスとエンジン回転パルスとの間に位相差が生ずる。

【0019】このとき、チャージポンプ21はこの位相差を零にするよう働き、位相が増大するときには出力パルス電圧を上げ、位相差が減少するときには出力パルス電圧を下げる。ループフィルタ22は出力パルスをアナログ電圧に変換し、電圧コントロールオシレータVCOはこのアナログ電圧に相当する周波数のクロックパルスを発生するので、位相差が増大するときにはクロック周波数が増加し、位相差が減少するときにはクロック周波数が減少する。したがって、クロック周波数はエンジン回転数に応じて上下する。ループフィルタ22は積分器の構成をとっているため、位相差が一致して、チャージポンプからのパルスが出力されなくなってもそれまでの値を出し続ける。したがって、スイッチドキャパシタ

フィルタSCFへ出力されるクロックパルスCLの周波数はエンジン回転数のN倍となる。

【0020】スイッチドキャパシタフィルタはクロックCLの周波数に応じて等価抵抗Reqが変化する特性を有するスイッチドキャパシタを応用したものである。等価抵抗Reqは、 $1/(C \cdot f_c)$ となる。フィルタを設計するときに、このReqを抵抗とすれば、 f_c の変化に追従するフィルタを実現することができる。ナショナルセミコンダクタ製のMF10ユニバーサルモノリシックデュアルスイッチドキャパシタフィルタを用いれば、クロックパルスCLの周波数 f_c に応じた周波数帯域のみを抽出するバンドパスフィルタを形成することができる。

【0021】このように、エンジン回転数の周波数のN倍の周波数をもつクロックパルスがスイッチドキャパシタフィルタSCFに与えられ、スイッチドキャパシタフィルタSCFはクロックパルスの周波数に応じて選択する周波数帯域を調整する。この値Nと、電圧コントロールオシレータVCOの電圧範囲を調整すれば、エンジン回転数の2倍の周波数のみを抽出できるようなバンドパスフィルタが得られる。これにより、騒音検出マイクM1により検出された車室内音のうち、エンジン回転数の2次高調波成分だけ抽出できる。

【0022】抽出された2次高調波成分の信号PAは位相調整器BBD1を通過する。位相調整器BBD1はBBD (Bucket Brigade Device) により構成される。このBBDは複数段の遅延線を有し、クロックを入れる毎に順次電荷を入力側から出力側へ転送するものであり、市販品として松下電子製のMN3005がある。クロック周波数を可変とすると、クロック周波数に応じた信号の遅延ができ、位相をずらすことができる。位相調整器BBD1に与えられるクロック周波数 f はマイクロプロセッシングユニットMPUから与えられる。

【0023】位相調整器BBD1を通過した信号PBは増幅器A1に与えられる。増幅器A1は入力信号PB1をゲインKだけ増幅し、出力信号PC1を得る。ゲイン*

$$\phi_{xx}(\omega) = E \left(\lim_{T \rightarrow \infty} |X_T(\omega)|^2 / 2T \right)$$

【0030】ここで、 $X_T(\omega)$ は $x_t(t)$ のフーリエ変換、 $E[\]$ は期待値を表す。実際には $T \rightarrow \infty$ とすることは不可能であるので、ここでは取り込んだデータ数 n を用いる。この場合、パワースペクトル $\phi_{xx}(\omega)$ は、

【0031】

【数2】 $\phi_{xx}(\omega) = E[|X_T(\omega)|^2 / 2n]$ で表される。

【0032】ステップ31では上記のようにしてパワースペクトル $\phi_{xx}(\omega)$ を求め、パワースペクトル ϕ_{xx} として、次に、パワースペクトルを最小にする

*Kは可変であり、マイクロプロセッシングユニットMPUから与えられる。出力信号PCはスピーカSPに与えられる。したがって、騒音検出マイクM1により検出された車室内音のうち、エンジン回転数の2次高調波成分を位相調整し、増幅した音がスピーカから発せられる。

【0024】スピーカの発生した音は騒音源であるエンジンや車室内外から到達する音と一緒に運転者、乗客の耳に入る。同時にこれらの音は消音確認マイクM2により検出される。消音確認マイクM2の出力VBは第2周波数選択手段である第2周波数選択器SCF11により周波数選択され、信号PDとしてマイクロプロセッシングユニットMPUに送られる。第2周波数選択器SCF11は第1周波数選択器SCF1と同一の構成をしており、エンジン回転数の2次高調波成分に相当する周波数帯域の信号のみ抽出される。

【0025】マイクロプロセッシングユニットMPUは、前述したように、第2周波数選択器SCF11からの信号を受け、位相調整器BBD1へクロック周波数 f を、増幅器A1へゲインKを送出する。マイクロプロセッシングユニットMPUは図5のフローチャートに沿って作動する。

【0026】マイクロプロセッシングユニットMPUがスタートすると、まず、ステップ30において内部のメモリーや入出力ポート等の初期化が行われ、次に、位相調整ステップ(ステップ31~40)およびゲイン調整ステップ(ステップ41~49)が繰り返される。

【0027】位相調整ステップにおいては、まず、パワースペクトルの算出が行われる。パワースペクトルとは時間的に変動する量の、2乗平均を周波数成分の分布として表したものである。

【0028】通常、スイッチドキャパシタフィルタSCF11を通過した信号を $X(t)$ と仮定し、 $T \leq t \leq T$ の区間だけ観測した信号を $x_t(t)$ とすると、パワースペクトル $\phi_{xx}(\omega)$ は、

【0029】

【数1】

よう位相調整する。ステップ32にて、位相を現在の値より $\Delta\theta$ だけ進める。これにより位相調整器BBD1によりスイッチドキャパシタフィルタSCF1から出力された信号の位相が $\Delta\theta$ だけ進められる。次に、ステップ33にて再びパワースペクトル ϕ_{xx} を求め、ステップ34にて前回の値に対してレベルが上がったか下がったかを判断する。パワースペクトル ϕ_{xx} のレベルが下がれば、位相を進めたことがパワースペクトル ϕ_{xx} を下げることにつながっているため、再び位相を $\Delta\theta$ だけ進める(ステップ38)。ステップ39にて再びパワースペクトル ϕ_{xx} を求め、パワースペクトル ϕ_{xx}

x_i が最小値になるまで位相を進め続ける。ステップ34にてパワースペクトルが前回の値に対して上がっていたならば、位相を遅らせてパワースペクトルを下げる。この場合もパワースペクトル $\phi x x_i$ が最小値になるまで位相を遅らせ続ける。パワースペクトルが最小になった時点で騒音に対して付加音が逆位相になったと判断する。

【0033】次に、ゲイン調整ステップを行う。騒音と付加音のレベルの絶対値が一致したならば騒音と付加音は相殺されるのでパワースペクトルが最小になる。そこで、位相調整ステップと同様にパワースペクトルを最小にするようなゲインを求める。まず、ゲインを上げ、パワースペクトルが増加したならばゲインを下げ続け、パワースペクトルが減少したならばゲインを上げ続ける。パワースペクトルが最小となった時点でゲイン調整ステップを終わる。

【0034】上記のように、エンジン回転数の2次成分に相当する範囲の周波数帯域において、消音確認マイクM2により検出された音のパワースペクトルが最小となるようにスピーカから発生する音の位相およびゲインを調整することにより、エンジンから直接耳に届く騒音と、スピーカから発せられる付加音が相殺され、エンジン回転数の2次成分が耳から入らなくなる。上記において、位相調整器BBD1、増幅器A1、スピーカSP、消音確認マイクM2、第2周波数選択器SCF11、マイクロプロセッシングユニットMPUはフィードバック系を構成しており、騒音に対する逆位相音を発生する逆位相音付与手段として構成されている。

【0035】6気筒エンジンの場合や、他に周波数に従従する騒音が発生する場合には、それぞれの周波数に応じて複数個の逆位相音付与手段を設けてやればよい。

【0036】内部に空間を有する物体に音圧を周期的に印加すると気柱共鳴を起こす。図6は直方体内部における気柱共鳴を示すものである。縦方向長さLを有する気柱の共鳴周波数fは

【0037】

$$[数3] f = c / 2L \times i$$

で示される。ここで、cは音速、iは次数である。気柱共鳴が発生すると内部の空間内に音圧分布が発生する。図7は乗用車の室内における縦1次モードの音圧分布を示す。縦1次モードにおける音圧は車室内の前後方向中央付近で最小となり、車室内前後方向に向かうにつれ増大する。また、図8に示すように、図示点線のまわりに対称に発生する。1ボックスカーにおける気柱共鳴は、図9に示すようにより明確である。音圧分布は車室内の縦方向の中心線を中心に上下に対称となる。実際の車両においては、座席の配置や乗客の影響で若干音圧分布がずれるが、ほぼ長さLの点線のまわりに対称となる。

【0038】上述したように、スピーカSPや消音確認マイクM2は人の耳元に配置することが望ましい。ま

た、通常は、騒音検出用マイクM1は騒音源の近くに配置される。しかし、車室内に気柱共鳴が発生すると、騒音検出用マイクM1と消音検出用マイクM2の位置によっては音圧が著しく異なってしまう。音圧が異なると消音動作が正確且つ敏速に行えない場合がある。したがって、騒音検出用マイクM1と消音検出用マイクM2は音圧レベルの略等しい位置に配置することが望まれる。

【0039】そこで、騒音検出用マイクM1と消音検出用マイクM2の配置位置における音圧を等しくするには、騒音検出用マイクおよび消音確認用マイクを、車室内で気柱共鳴を起こすときの音圧が対称となる線に対し、その線を中心にしてして垂直方向に等距離位置になるよう配置すればよい。騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0040】また、車室内を直方体に近似し、該直方体の中心線に対し、垂直方向等距離位置に騒音検出用マイクと消音確認用マイクを設置するようにしてもよい。車室内を直方体に近似すれば、直方体の中心線に対し、垂直方向等距離位置にある点は、気柱共鳴が発生した場合、音圧レベルが略等しくなる。したがって、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0041】また、消音確認用マイクおよびスピーカをシートのヘッドレスト近傍に設置し、騒音検出用マイクはシートの背もたれ部の下部に設置するようにしてもよい。

【0042】車室内で気柱共鳴が発生してもヘッドレスト近傍とシートの背もたれ部の下部は音圧レベルが略等しくなる。したがって、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出する音の音圧は、車室内で気柱共鳴が発生しても略等しくなるので、消音動作が正確に行える。

【0043】上記実施例は車両におけるエンジンの騒音を低減する装置を示したが、本発明はエンジンに限らず、騒音源の状態に応じて騒音部の周波数が変化するようなものにも適用できる。例えば、飛行機の室内において、エンジン音を低減する場合等数々の応用が考えられる。この場合、スイッチドキャパシタフィルタのクロックを調整することで、任意の周波数帯域の騒音を低減すればよい。車両用としては、他に、シートアジャスタの作動音やワイバーの摺動音、トランスミッションの発するシフトチェンジ時の騒音、車両に搭載された電磁弁等の作動音等の低減にも効果を発する。

【0044】本発明を車両に搭載する場合、各座席毎に本発明の騒音低減装置を搭載できる。この場合、本装置の作動を許可・禁止するスイッチを設け、個々の座席で切り換えられるようにするとよい。例えば、後部座席で寝ている人に対しては本装置を作動させ、また、運転者はエンジン音の確認や眠気防止のため本装置の作動を切る

ようにできる等、その場に応じた対応が可能になる。

【0045】また、上記実施例において、ゲインを調整する際にゲインの量等の定数を加減することで、消音量を任意に決定することができる。これによれば、エンジンの発する音を消すのではなく、音量を低下できるので、エンジンの状態も確認できる上、騒音も低下し、快適にドライブすることができる。スピーカからでる音は単なる逆位相音ではなくなり、騒音をユーザーの好みの音に変えることもできる。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、騒音検出用マイクと消音確認用マイクの検出音圧が略等しくなるので、消音動作が正確且つ敏速に行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の騒音低減装置の実施例の構成図

【図2】図1のコントローラの回路図

【図3】図2の第1、第2周波数選択器SCF1、SCF11の構造を示す回路図

【図4】4気筒車の室内の騒音分布図

【図5】図2のマイクロプロセッシングユニットMPUのフローチャート

【図6】気柱共鳴の説明図

【図7】乗用車の室内の縦1次モードの音圧分布図

【図8】乗用車の室内の気柱共鳴の説明図

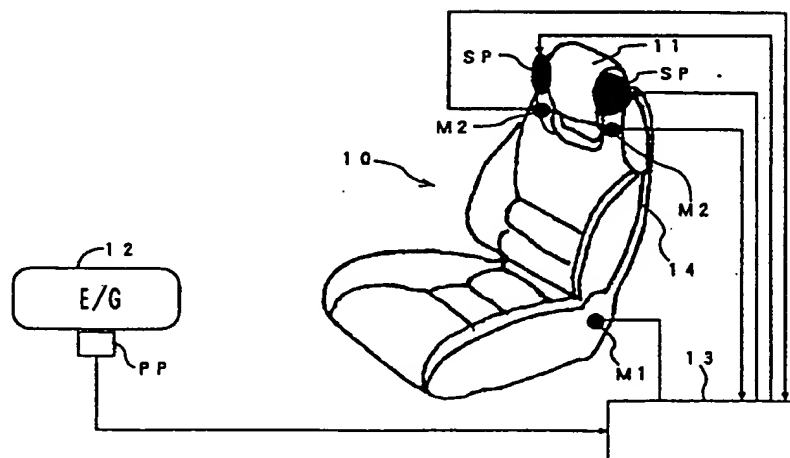
【図9】1ボックスカーの気柱共鳴の説明図

【図10】適合制御方式を使用した従来技術の説明図

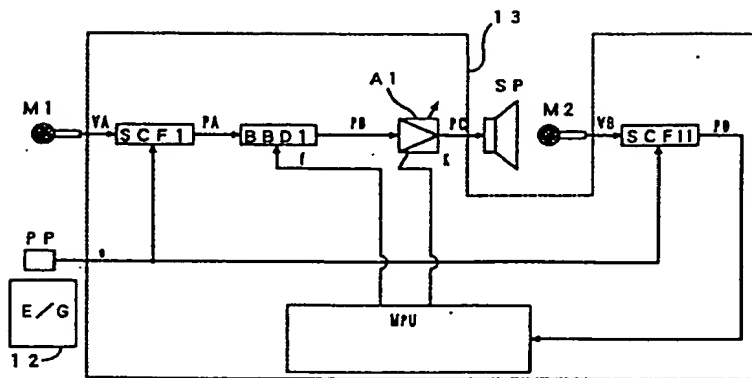
【符号の説明】

- 10 座席
- 11 ヘッドレスト
- 12 エンジン
- 13 コントローラ
- 14 背もたれ部
- 20 位相差検出器
- 21 チャージポンプ
- 22 ループフィルタ
- 23 分周器
- 25 騒音検出用マイク
- 26 トランスペアサルフィルタ
- 27 スピーカ
- 28 消音確認用マイク
- 29 適応アルゴリズム
- A1 増幅器
- M1 騒音検出マイク
- M2 消音確認マイク
- MPU マイクロプロセッシングユニット
- N 分周値
- BBD1 位相調整器
- PP エンジン回転数センサ
- SCF スイッチドキャパシタフィルタ
- SCF1 第1周波数選択器
- SCF11 第2周波数選択器
- SP スピーカ
- VCO 電圧コントロールオシレータ
- $\phi \times \times (\omega)$, $\phi \times \times i$ パワースペクトル

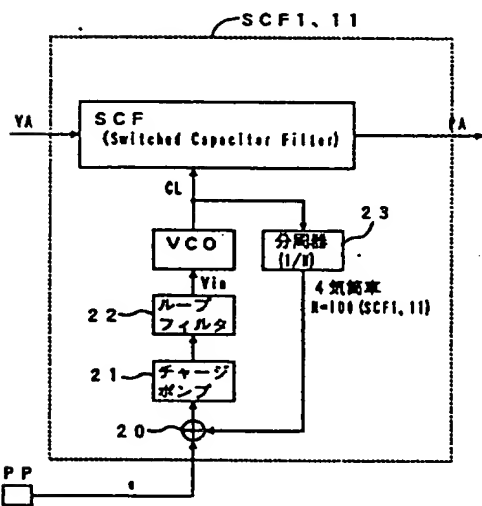
【図1】



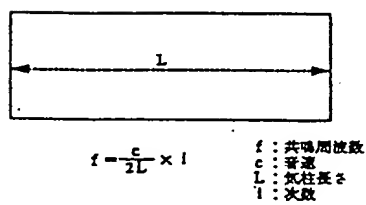
【図2】



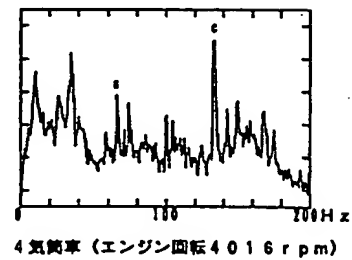
【図3】



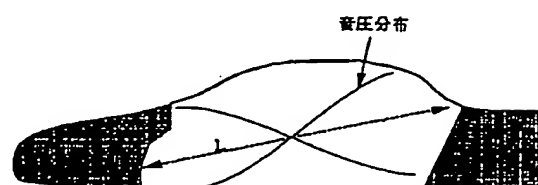
【図6】



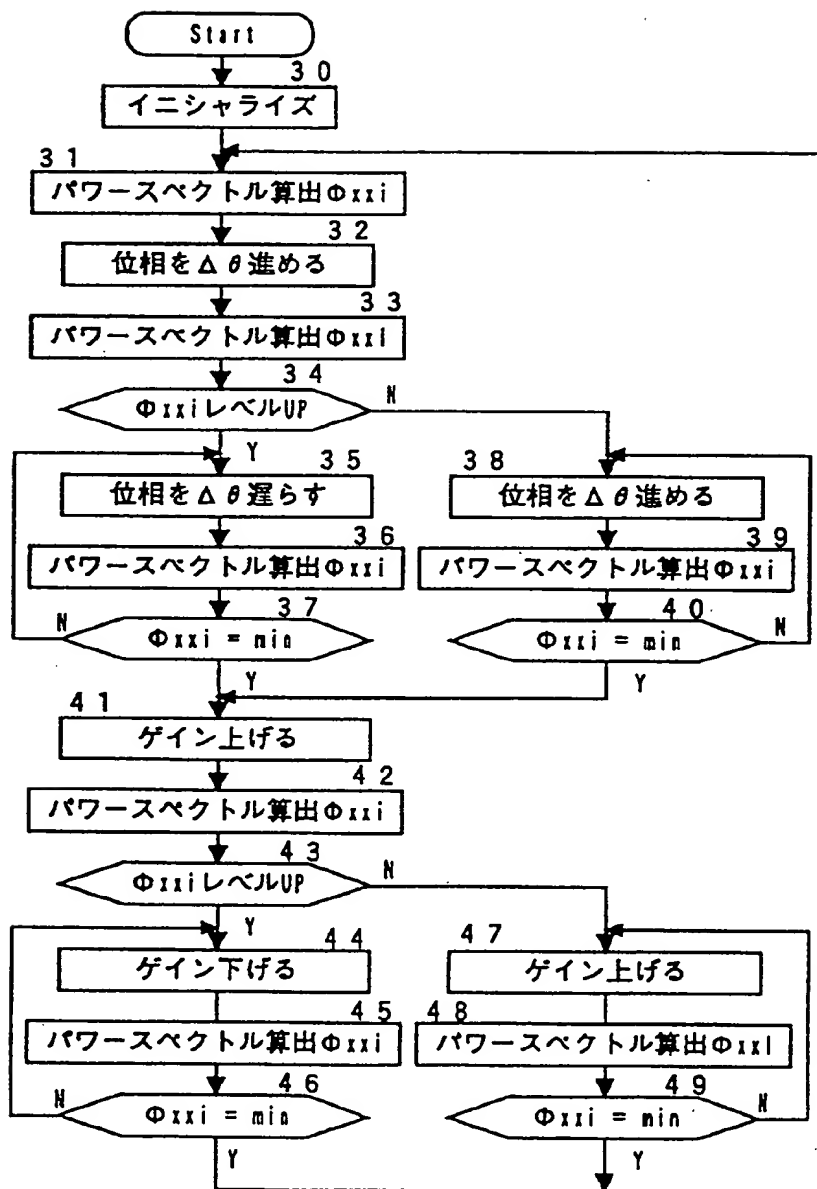
【図4】



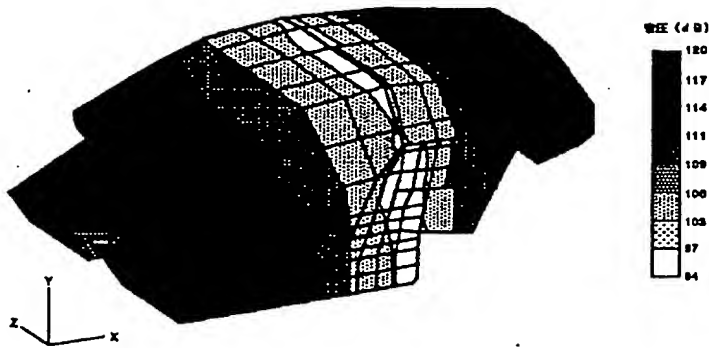
【図8】



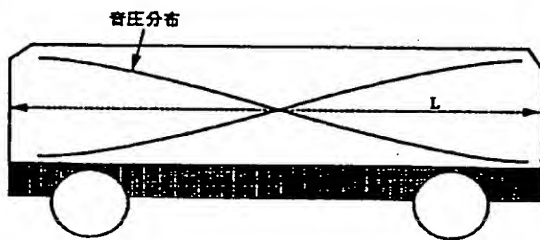
【図5】



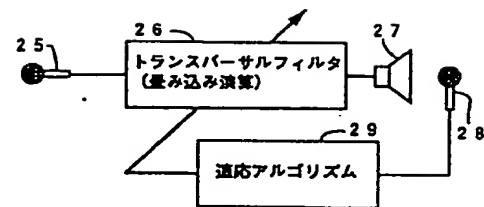
【図7】



【図9】



【図10】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-273987

(43)Date of publication of application : 22.10.1993

(51)Int.Cl.

G10K 11/16
B60R 11/02
F01N 1/06
G06F 15/31

(21)Application number : 04-066415

(71)Applicant : AISIN SEIKI CO LTD

SHIN SANGYO KAIHATSU KK

(22)Date of filing : 24.03.1992

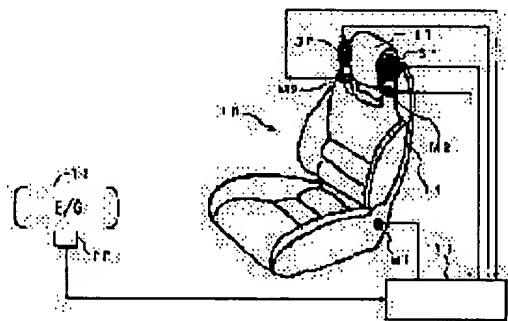
(72)Inventor : HORIBA EIJI

(54) NOISE REDUCING DEVICE FOR INSIDE CAR

(57)Abstract:

PURPOSE: To exactly and speedily perform muffling operations even when columnar resonance is generated inside a car by specifying positions for arranging a microphone for noise detection and a microphone for muffle confirmation.

CONSTITUTION: A speaker SP and a muffle confirming microphone M2 are extended from a head rest 11 of a seat 10 or a back rest part 14 of seat 10 and arranged closely to ears. An engine revolving speed sensor PP is installed to detect the revolving speed of an engine 12 and further, a noise detecting microphone M1 is installed at the lower of the back rest part 14 of the seat 10. In this case, sound pressure is made equal at the positions where the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation are arranged. Namely, the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation are arranged at the positions at an equal distance vertically from a line, where the sound pressure is made symmetric at the time of generating columnar resonance inside the car, with that line between. Therefore, the sound pressure of noise detected by the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for muffle confirmation is made almost equal even when the columnar resonance is generated inside the car.



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention is noise-reduction equipment for adding opposite phase sound to noise and reducing noise, and can be applied to reduction of the noise of vehicle rooms, such as a passenger car and one boxcar.

[0002]

[Description of the Prior Art] Generally as a method of adding opposite phase sound to noise and reducing noise, there is an adaptive control method. Drawing 10 shows an adaptive control method. The microphone 25 for noise detection detects noise, and the transversal filter 26 collapses and calculates a detecting signal, and it generates sound from a loudspeaker 27. On the other hand, the signal detected from the silence check microphone 28 presumes and updates the filter factor of the transversal filter 26 considered to be the optimal based on adaptation algorithm 29. A noise reduction is committed so that the 2nd [an average of] power error of **** which a silence check microphone detects may be made into the minimum.

[0003] The equipment of the above-mentioned method is indicated by JP,2-158296,A and JP,3-50998,A.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Here, if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, sound pressure will change by indoor every place. For example, when the microphone for a silence check is placed on the headrest of a seat and the microphone for noise detection is placed underfoot, since sound pressure is remarkably different, silence operation may be unable to carry out correctly and quickly near a headrest and in a step.

[0005] Then, in this invention, in the noise-reduction equipment of the vehicle interior of a room, when **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, let it be a technical problem to enable it to perform silence operation correctly and quickly.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The 1st means used in this invention in order to solve the above-mentioned technical problem is having arranged so that the microphone for noise detection and the microphone for a silence check may be carried out a center [the line] in the vehicle interior of a room to the line by which the sound pressure when causing **** resonance becomes symmetrical and it may become an equal distance position perpendicularly.

[0007] Moreover, the 2nd means used in this invention in order to solve the above-mentioned technical problem is having approximated the vehicle interior of a room to the rectangular parallelepiped, and having installed the microphone for noise detection, and the microphone for a silence check in the perpendicular direction equal distance position to the center line of this rectangular parallelepiped.

[0008] Furthermore, the 3rd means used in this invention in order to solve the above-mentioned technical problem installs the microphone for a silence check, and a loudspeaker near the headrest of a seat, and the

microphone for noise detection is having installed in the lower part of the back reclining section of a seat.
[0009]

[Function] According to the 1st means of the above, since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0010] In the 2nd means of the above, when **** resonance generates the point which is in a perpendicular direction equal distance position to the center line of a rectangular parallelepiped when the vehicle interior of a room is approximated to a rectangular parallelepiped, sound pressure level comes to spread abbreviation etc. Therefore, since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0011] In the 3rd means of the above, even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, as for the lower part of the back reclining section of the seat near the headrest, sound pressure level comes to spread abbreviation etc. Therefore, since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0012]

[Example] Hereafter, the example at the time of carrying this invention in vehicles is explained, referring to a drawing.

[0013] Drawing 1 is the block diagram of this invention. Loudspeaker SP and the silence check microphone M2 are prolonged from the headrest 11 of a seat 10, or the back reclining section 14 of a seat 10, and are arranged close to his ears. In order to detect the rotational frequency of an engine 12, the engine speed sensor PP is placed. The noise detection microphone M1 is installed in the lower part of the back reclining section of a seat 10. The controller 13 is connected to Loudspeaker SP, the silence check microphone M2, the engine speed sensor PP, and the noise detection microphone M1.

[0014] Since Loudspeaker SP and the silence check microphone M2 are arranged close to his ears [of people], Loudspeaker SP does not need to make loud sound. For this reason, it influences outside the portion and vehicle by which the sound which came out of Loudspeaker SP separated from the seat 10, and sound is not emphasized in other portions. Therefore, others are not affected while reducing only the noise included in the ear of those who are sitting on the seat certainly.

[0015] Since the biggest thing is an engine among the noise sources of vehicles, when it carries in vehicles, to muffle the sound from an engine is desired. Drawing 4 shows the noise distribution of a 4-cylinder engine of the vehicle interior of a room. The engine speed in drawing is 4016rpm (66.9Hz), and its big mountain is made of the about 134Hz portion c of a secondary harmonic content. a is the primary component of engine sound. Other portions are depended in addition to engine rotation of a load noise etc. Although the mountain of c follows change of the rotational frequency of an engine and frequency goes up and down it, especially the sound of this secondary component takes to the PAX, and is sensed as noise. Moreover, since the audible sound which human being's ear hears is set to about 50Hz or more, the peak portion which cut by being made into an about 0-40Hz portion may be disregarded. Therefore, what is necessary is to extract and muffle only the secondary component shown in Illustration c in a 4-cylinder engine.

[0016] The detail of a controller 13 is shown in drawing 2. The noise detection microphone M1 detects the sound of the vehicle interior of a room. After the detected sound passes the 1st frequency-selective machine SCF 1, it is sent to Loudspeaker SP through a phase adjuster BBD1 and amplifier A1. An engine speed sensor PP is pulse pickup, is installed near the shaft indirectly connected to the engine output shaft or the engine output shaft, and detects the rotational frequency of an engine 12.

[0017] The 1st frequency-selective machine SCF 1 undergoes the output e of an engine speed sensor PP. The

internal structure of the 1st frequency-selective machine SCF 1 is shown in drawing 3 . The 1st frequency-selective machine SCF 1 consists of a switched capacitor filter SCF, the phase contrast detector 20, the charge pump 21, a loop filter 22, a voltage control oscillator VCO, and a counting-down circuit 23. The phase contrast detector 20 searches for the phase contrast of the pulse from a counting-down circuit, and the pulse from an engine. The charge pump 21 outputs work and the voltage pulse of the amount which carried out phase adjustment so that phase contrast of the pulse from a counting-down circuit 23 and the pulse from an engine may be made into zero. The loop filter 22 has taken the composition of an integrator, makes the voltage pulse from the charge pump 21 the form of analog voltage, and sends it out to the voltage control oscillator VCO. The voltage control oscillator VCO oscillates the frequency pulse according to input voltage, and sends it to a switched capacitor filter SCF and a counting-down circuit 23 as a clock pulse CL. A counting-down circuit 23 carries out dividing of the input pulse to $1/N$, and drops frequency on $1/N$. This N is an integer and is set up beforehand. It is referred to as $N=100$ in this example.

[0018] Suppose that N times of the frequency of an engine rotation pulse are in agreement with the clock frequency to a switched capacitor filter SCF now. Here, if an engine speed goes up, phase contrast will arise between the pulse from a counting-down circuit 23, and an engine rotation pulse.

[0019] At this time, the charge pump 21 raises output pulse voltage, when work and a phase increase so that this phase contrast may be made into zero, and when phase contrast decreases, it lowers output pulse voltage. A loop filter 22 changes an output pulse into analog voltage, since the clock pulse of the frequency equivalent to this analog voltage is generated, when phase contrast increases, a clock frequency increases the voltage control oscillator VCO, and when phase contrast decreases, a clock frequency decreases. Therefore, a clock frequency is gone up and down according to an engine speed. Since the composition of an integrator is taken, phase contrast of a loop filter 22 corresponds, and even if the pulse from a charge pump is no longer outputted, it continues outputting the value till then. Therefore, the frequency of the clock pulse CL by which a switched-capacitor-filter SCF HE output is carried out will be N times the engine speed.

[0020] A switched capacitor filter applies the switched capacitor which has the property that equivalent resistance R_{eq} changes according to the frequency of Clock CL. Equivalent resistance R_{eq} becomes $1/(C \cdot f_c)$. When designing a filter, the filter which follows this R_{eq} at resistance, then change of f_c can be realized. If the MF10 universal monolithic dual National Semiconductor switched capacitor filter is used, the band pass filter which extracts only the frequency band according to the frequency f_c of a clock pulse CL can be formed.

[0021] Thus, a clock pulse with frequency N times the frequency of an engine speed is given to a switched capacitor filter SCF, and a switched capacitor filter SCF adjusts the frequency band chosen according to the frequency of a clock pulse. If this value N and the voltage range of the voltage control oscillator VCO are adjusted, the band pass filter which can extract only the frequency of the double precision of an engine speed will be obtained. Thereby, only the secondary harmonic content of an engine speed can be extracted among the vehicle indoor sound detected with the noise detection microphone M1.

[0022] The signal PA of the extracted secondary harmonic content passes a phase adjuster BBD1. A phase adjuster BBD1 is constituted by BBD (Bucket Brigade Device). This BBD has two or more steps of delay lines, whenever it puts in a clock, it transmits a charge to an output side from an input side one by one, and it has MN3005 made from the Matsushita electron as commercial elegance. If a clock frequency is made adjustable, delay of a signal according to the clock frequency can be performed, and a phase can be shifted. Clock frequency f given to a phase adjuster BBD1 is given from a microprocessing unit MPU.

[0023] The signal PB which passed the phase adjuster BBD1 is given to amplifier A1. Only gain K amplifies an input signal PB1, and amplifier A1 obtains an output signal PC 1. Gain K is adjustable and is given from a microprocessing unit MPU. An output signal PC is given to Loudspeaker SP. Therefore, among the vehicle indoor sound detected with the noise detection microphone M1, phase adjustment of the secondary harmonic content of an engine speed is carried out, and the amplified sound is emitted from a loudspeaker.

[0024] The sound which the loudspeaker generated goes into the ear of an operator and the PAX together with the sound which reaches from the outside of the engine which is a noise source, or the vehicle interior of a room. Such sound is simultaneously detected by the silence check microphone M2. The frequency selection of the output VB of the silence check microphone M2 is carried out with the 2nd frequency-selective vessel SCF 11 which is the 2nd frequency-selective means, and it is sent to a microprocessing unit MPU as a signal PD. The 2nd frequency-selective machine SCF 11 is carrying out the same composition as the 1st frequency-selective machine SCF 1, and only the signal of the frequency band equivalent to the secondary harmonic content of an engine speed is extracted.

[0025] As the microprocessing unit MPU was mentioned above, the signal from the 2nd frequency-selective machine SCF 11 is received, clock frequency f is sent out to a phase adjuster BBD1, and Gain K is sent out to amplifier A1. A microprocessing unit MPU operates along with the flow chart of drawing 5.

[0026] If a microprocessing unit MPU starts, first, initialization of internal memory, input/output port, etc. will be performed in Step 30, next a phase adjustment step (Steps 31-40) and a gain-adjustment step (Steps 41-49) will be repeated.

[0027] In a phase adjustment step, calculation of a power spectrum is performed first. A power spectrum expresses the square average of the amount changed in time as a distribution of a frequency component.

[0028] Usually, the signal which passed the switched capacitor filter SCF 11 is assumed to be $X(t)$. When the signal which observed only the section of $T \leq t \leq T$ is set to $x(t)$, power spectrum $\text{phixx}(\omega)$ is [0029].

[Equation 1]

$$\phi_{xx}(\omega) = E \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} |X_T(\omega)|^2 \right]$$

[0030] Here, $X_T(\omega)$ expresses the Fourier transform of $x(t)$, and $E[\]$ expresses expected value. Since considering as $T \rightarrow \infty$ in fact is impossible, data several n incorporated here is used. In this case, power spectrum $\text{phixx}(\omega)$ is [0031].

[Equation 2] $\text{phixx}(\omega) = E[|X_T(\omega)|^2 / 2n]$

It is come out and expressed.

[0032] At Step 31, power spectrum $\text{phixx}(\omega)$ is calculated as mentioned above, and it is referred to as power spectrum phixxi . Next, phase adjustment is carried out so that a power spectrum may be made into the minimum. At Step 32, only deltatheta advances a phase from the current value. The phase of the signal outputted by the phase adjuster BBD1 from the switched capacitor filter SCF 1 by this is advanced only for deltatheta . Next, it judges whether power spectrum phixxi was again calculated at Step 33, and level went up by Step 34 to the last value, or it fell. If the level of power spectrum phixxi falls, since it has led to having advanced the phase lowering power spectrum phixxi , only deltatheta advances a phase again (Step 38). Power spectrum phixxi is again calculated at Step 39, and advancing a phase is continued until power spectrum phixxi becomes the minimum value. If the power spectrum is going up by Step 34 to the last value, a phase will be delayed and a power spectrum will be lowered. Delaying a phase is continued until power spectrum phixxi becomes the minimum value also in this case. When a power spectrum becomes the minimum, it is judged that addition sound became an opposite phase to noise.

[0033] Next, a gain-adjustment step is performed. If the absolute value of the level of noise and addition sound is in agreement, since noise and addition sound are offset, a power spectrum will become the minimum. Then, gain which makes a power spectrum the minimum like a phase adjustment step is searched for. First, if a power spectrum decreases, gain being raised, lowering gain being continued if a power spectrum increases, and raising gain is continued. When a power spectrum serves as the minimum, a gain-adjustment step is finished.

[0034] The noise which reaches a direct ear from an engine by adjusting the phase and gain of sound which are generated from a loudspeaker, and the addition sound emitted from a loudspeaker are offset so that the

power spectrum of the sound detected with the silence check microphone M2 may serve as the minimum, and the secondary component of an engine speed stops as mentioned above, entering from an ear in the frequency band of the range equivalent to the secondary component of an engine speed. In the above, a phase adjuster BBD1, amplifier A1, Loudspeaker SP, the silence check microphone M2, the 2nd frequency-selective machine SCF 11, and the microprocessing unit MPU constitute the foot back system, and are constituted as an opposite phase sound grant means to generate the opposite phase sound to noise.

[0035] What is necessary is just to establish two or more opposite phase sound grant meanses according to each frequency, when the noise which follows others at frequency occurs, the case of a six cylinder engine, and.

[0036] **** resonance will be caused if sound pressure is periodically impressed to the body which has space inside. Drawing 6 shows the **** resonance in the interior of a rectangular parallelepiped. The resonance frequency f of **** which has lengthwise length L is [0037].

[Equation 3] It is shown by $f = c/2 L \sin i$. Here, c is acoustic velocity and i is a degree. Generating of **** resonance generates a sound pressure distribution in internal space. Drawing 7 shows the sound pressure distribution in the indoor primary length mode of a passenger car. primary length mode -- the sound pressure which can be set serves as the minimum near the cross-direction center of the vehicle interior of a room, and it increases as it goes to a vehicle indoor cross direction. Moreover, as shown in drawing 8, it generates symmetrically with the surroundings of an illustration dotted line. The **** resonance in one boxcar is more clear as shown in drawing 9. A sound pressure distribution becomes symmetrical up and down focusing on the lengthwise center line of the vehicle interior of a room. In actual vehicles, although a sound pressure distribution shifts a little under arrangement of a seat, or the influence of the PAX, it becomes almost symmetrical with the surroundings of the dotted line of length L .

[0038] As mentioned above, as for Loudspeaker SP and the microphone M2 for a silence check, it is desirable to arrange to close to his ears [of people]. Moreover, the microphone M1 for noise detection is usually arranged near the noise source. However, if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, depending on the position of the microphone M1 for noise posting, and the microphone M2 for silence detection, sound pressure will differ remarkably. If sound pressure differs, silence operation may be unable to carry out correctly and quickly. Therefore, for the abbreviation for sound pressure level etc. to be in the microphone M1 for noise detection and the microphone M2 for silence detection by carrying out, and to arrange in a position is desired.

[0039] Then, what is necessary is just to arrange so that the microphone for noise detection and the microphone for a silence check may be carried out a center [the line] in the vehicle interior of a room to the line by which the sound pressure when causing **** resonance becomes symmetrical and it may become an equal distance position perpendicularly in order to make equal sound pressure in the arrangement position of the microphone M1 for noise detection, and the microphone M2 for silence detection. Since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0040] Moreover, the vehicle interior of a room is approximated to a rectangular parallelepiped, and you may make it install the microphone for noise detection, and the microphone for a silence check in a perpendicular direction equal distance position to the center line of this rectangular parallelepiped. If the vehicle interior of a room is approximated to a rectangular parallelepiped, when **** resonance generates the point which is in a perpendicular direction equal distance position to the centerline of a rectangular parallelepiped, sound pressure level will come to spread abbreviation etc. Therefore, since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if **** resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0041] Moreover, the microphone for a silence check and a loudspeaker are installed near the headrest of a seat, and you may make it install the microphone for noise detection in the lower part of the back reclining section of a seat.

[0042] Even if resonance occurs in the vehicle interior of a room, as for the lower part of the back reclining section of the seat near the headrest, sound pressure level comes to spread abbreviation etc. Therefore, since the sound pressure of the sound which the microphone for noise detection and the microphone for a silence check detect comes to spread abbreviation etc. even if resonance occurs in the vehicle interior of a room, it can perform silence operation correctly.

[0043] Although the above-mentioned example showed the equipment which reduces the noise of the engine in vehicles, this invention is applicable not only to an engine but a thing from which the frequency of the noise section changes according to the state of a noise source. For example, in the interior of a room of an airplane, when reducing engine sound, much application can be considered. In this case, what is necessary is just to reduce the noise of arbitrary frequency bands by adjusting the clock of a switched capacitor filter. An effect is emitted also to reduction of operation sound, such as a solenoid valve otherwise carried in the operation sound of a seat adjuster, the sliding sound of a wiper, the noise at the time of the shift change which transmission emits, and vehicles as an object for vehicles, etc.

[0044] When it carries this invention in vehicles, the noise-reduction equipment of this invention can be carried for every seat. in this case, the switch which permits and forbids the operation of this equipment -- preparing -- each seat -- switching -- it is good to make it like For example, the correspondence according to the spot -- this equipment is operated to those who are sleeping in the backseat, and an operator can cut the operation of this equipment because of the check of engine sound or sleepiness prevention -- is attained.

[0045] Moreover, in the above-mentioned example, the amount of silence can be arbitrarily determined by adjusting constants, such as an amount of gain, in case gain is adjusted. Since according to this the sound which an engine emits is not absorbed but volume can be fallen, when the state of an engine can also be checked, noise can also fall, and it can drive comfortably. The sound which comes out of a loudspeaker is no longer mere opposite phase sound, and can also change noise into a user's favorite sound.

[0046]

[Effect of the Invention] According to this invention, since the detection sound pressure of the microphone for noise detection and the microphone for a silence check comes to spread abbreviation etc., silence operation can carry out correctly and quickly.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The block diagram of the example of the noise-reduction equipment of this invention

[Drawing 2] The circuit diagram of the controller of drawing 1

[Drawing 3] The circuit diagram showing the 1st of drawing 2, and the structure of the 2nd frequency-selective machines SCF1 and SCF11

[Drawing 4] The indoor noise distribution map of a 4-cylinder vehicle

[Drawing 5] The flow chart of the microprocessing unit MPU of drawing 2

[Drawing 6] Explanatory drawing of **** resonance

[Drawing 7] The sound pressure distribution map in the indoor primary length mode of a passenger car

[Drawing 8] Explanatory drawing of the indoor **** resonance of a passenger car

[Drawing 9] Explanatory drawing of the **** resonance of one boxcar

[Drawing 10] Explanatory drawing of the conventional technology which used the conformity control system

[Description of Notations]

10 Seat

11 Headrest

12 Engine

13 Controller

14 Back Reclining Section

20 Phase Contrast Detector

21 Charge Pump

22 Loop Filter

23 Counting-down Circuit

25 Microphone for Noise Detection

26 Transversal Filter

27 Loudspeaker

28 Microphone for Silence Check

29 Adaptation Algorithm

A1 Amplifier

M1 Noise detection microphone

M2 Silence check microphone

MPU Microprocessing unit

N Dividing value

BBD1 Phase adjuster

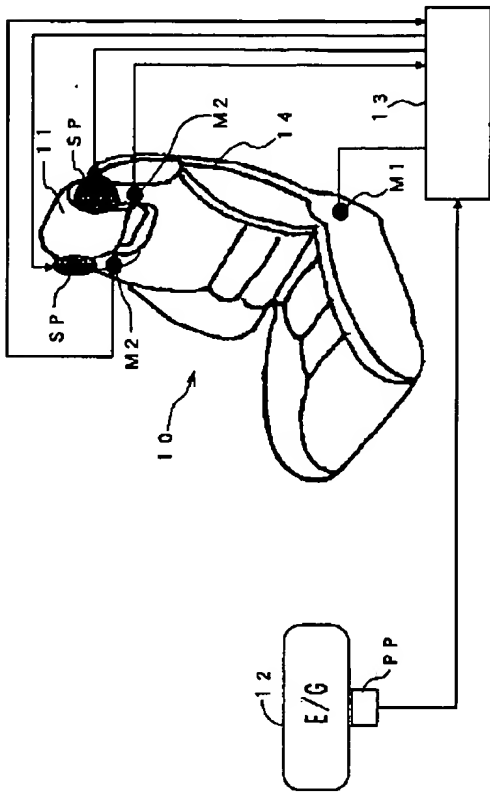
PP Engine speed sensor

SCF Switched capacitor filter

SCF1 The 1st frequency-selective machine
SCF11 The 2nd frequency-selective machine
SP Loudspeaker
VCO Voltage control oscillator
phixx (ω), phixxi Power spectrum

[Translation done.]

Drawing selection [Representative drawing] ▼



[Translation done.]

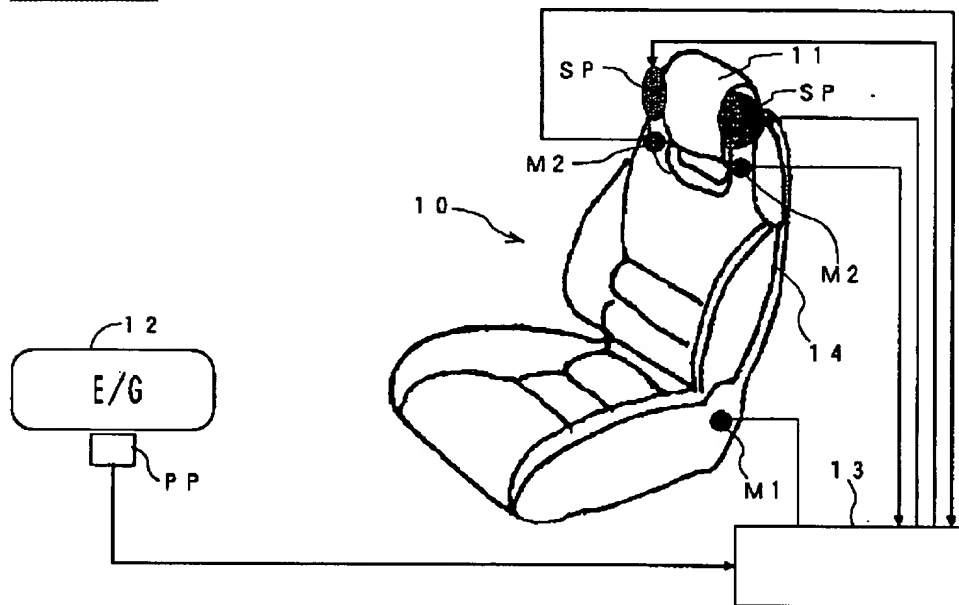
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

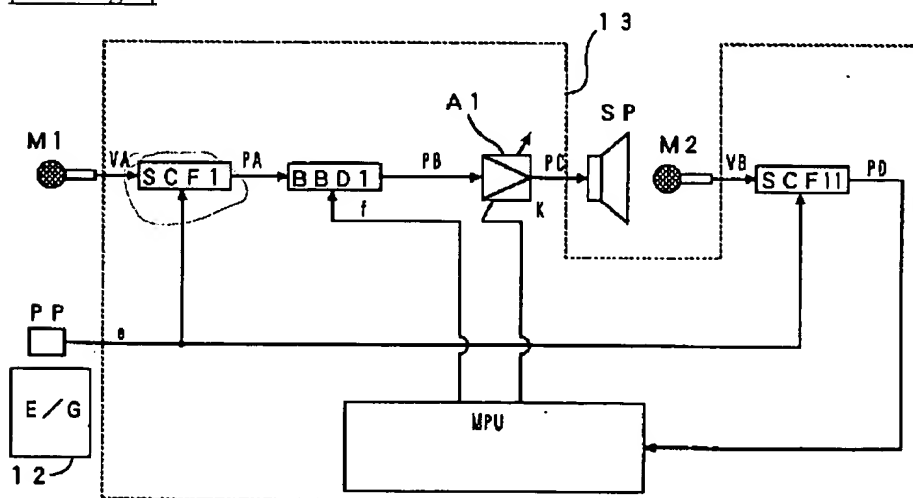
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

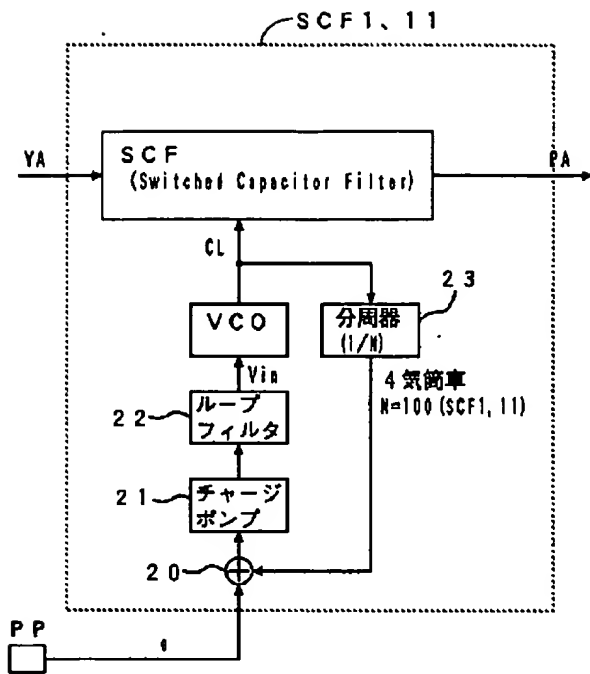
[Drawing 1]



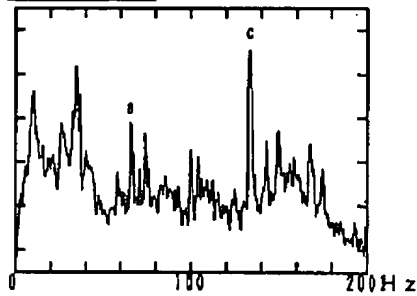
[Drawing 2]



[Drawing 3]

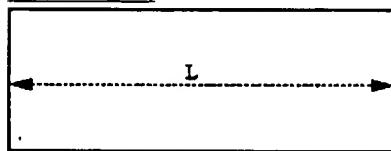


[Drawing 4]



4気筒車 (エンジン回転 4016 rpm)

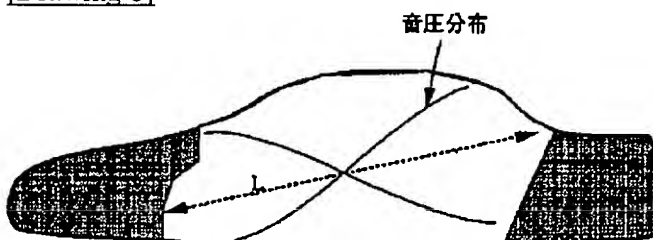
[Drawing 6]



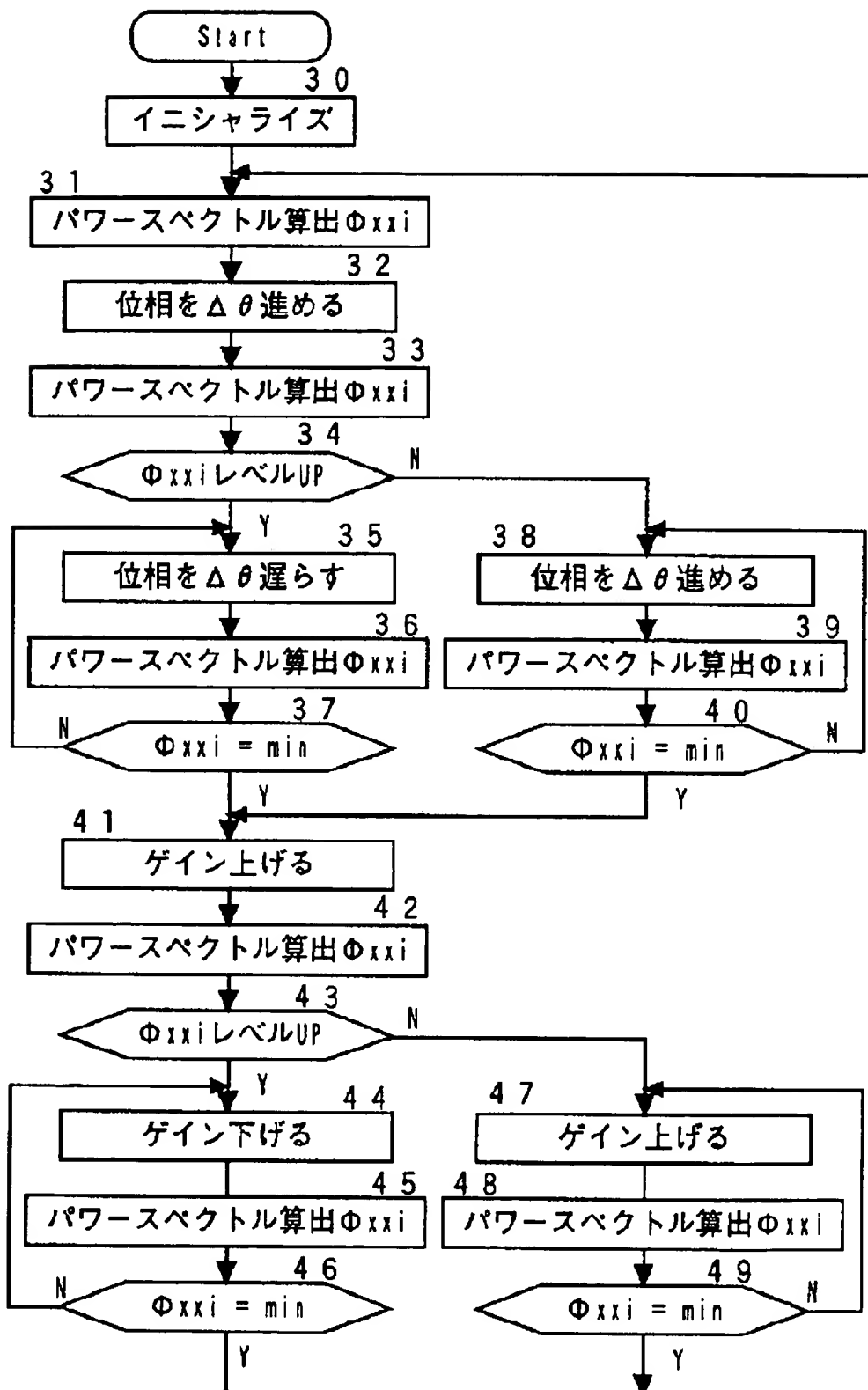
$$f = \frac{c}{2L} \times l$$

f : 共振周波数
c : 音速
L : 気柱長さ
l : 次数

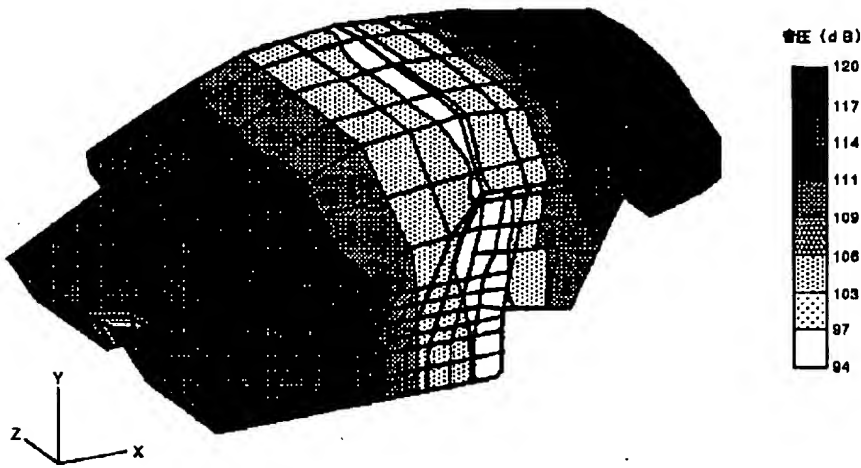
[Drawing 8]



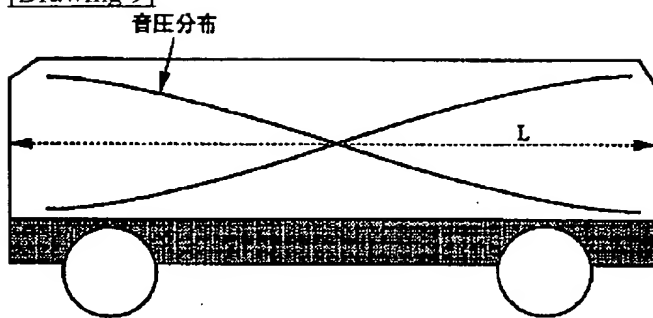
[Drawing 5]



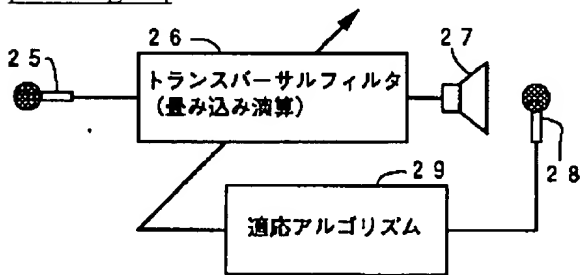
[Drawing 7]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]